
EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN EL HÁBITAT DE UNA POBLACIÓN DE LA RANA ACUÁTICA *Telmatobius pefauri* (ANURA, TELMATOBIIDAE), ESPECIE CRÍTICAMENTE EN PELIGRO DEL NORTE DE CHILE

Pablo Valladares Faúndez, Tania Lasteros Oblitas, Lorena Cornejo Ponce y Renzo Pepe-Victoriano

RESUMEN

El estado de conservación de los anfibios ha sido motivo de preocupación debido a la declinación global de sus especies. En Chile la situación es igualmente alarmante debido a que varias especies presentan problemas de conservación. *Telmatobius pefauri* es una especie de rana endémica considerada críticamente en peligro por la IUCN. Fue descrita para la localidad de Murmuntani, pero actualmente parece estar extinta en su tierra típica. En este trabajo investigamos la presión antrópica producto de la agricultura, piscicultura y residuos mineros aledaños sobre una de sus poblaciones. Esta población, recientemente registrada, se encuentra en el río Seco, en la

localidad de Copaquilla, Región de Arica y Parinacota, Chile. Se analizó las condiciones fisicoquímicas del agua donde habita esta población, para evaluar una posible contaminación que explique su disminución poblacional detectada. Los resultados indican que todas las variables analizadas se encuentran dentro de la norma chilena, excepto manganeso (0,88mg·l⁻¹ en río Seco, cuando el máximo permitido es 0,2mg·l⁻¹). Concluimos que las aguas analizadas son aptas para la vida acuática y no hay evidencia que indique contaminación por desechos mineros. Es necesario evaluar otras variables para establecer con mayor precisión el grado de amenaza de *T. pefauri*.

Introducción

El estado de conservación de los anfibios en el mundo ha sido considerado crítico para muchas especies. Stuart *et al.* (2004, 2008) han evaluado la declinación de anfibios a nivel global, donde han encontrado que un tercio de las especies del mundo se encuentran amenazadas de extinción, y que al menos el 42% de las especies presentan declinación poblacional, siendo esta situación más dramática que lo observado en el resto de los vertebrados. Entre las causas probables de esta declinación mundial destacan la destrucción de hábitat por la agricultura y contamina-

ción por plaguicidas (Marco y Quilchano, 2000; van Meter *et al.*, 2015), o por la construcción de infraestructura vial y la consiguiente contaminación por material particulado (Welsh y Ollivier, 1998). El cambio climático podría ser uno de los responsables de la disminución de algunas especies de anfibios, particularmente por el aumento en la radiación ultravioleta (UVB), que genera daño genómico en etapas tempranas de desarrollo (Bancroft *et al.*, 2008; Blaustein *et al.*, 1994). Igualmente, las enfermedades infecciosas han sido consideradas relevantes en la declinación mundial de anfibios, particularmente la causada por el

hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (Langhammer *et al.*, 2013). Cuando el hongo patógeno invade el cuerpo del animal, compromete el intercambio de electrolitos, causando daño cardíaco y muerte (Voyles, 2011). Finalmente, los desechos mineros también provocan declinaciones de poblaciones de anfibios, sobre todo por la presencia de metales pesados (Adlassnig *et al.*, 2013) que inciden principalmente en el desarrollo larval (Freda, 1991; Horne y Dunson, 1995; Lefcort *et al.*, 1998; Linder y Grillitsch, 2001).

En relación al estado de conservación de los anfibios en el norte de Chile, es particularmente importante evaluar

la situación de las especies del género *Telmatobius*. Muchas de estas especies son completamente acuáticas; es decir, todo su ciclo de vida lo realizan sumergidas en pequeños charcos o lagos (Formas *et al.*, 1999; Veloso, 2006; Barriónuevo y Ponsa, 2008; Correa *et al.*, 2011). Especies de este género, tales como *T. dankoi*, son considerados 'críticamente en peligro' por habitar en cursos de agua asociadas a actividades antropogénicas (Lobos *et al.*, 2016). En Argentina se han identificado especies de *Telmatobius* infectadas de Chytridiomycosis (Barriónuevo y Mangione, 2006).

Telmatobius pefauri (Veloso y Trueb, 1976) fue descrita

PALABRAS CLAVES / Anfibios / Chile / Conservación / Declinación Poblacional / *Telmatobius* /

Recibido: 02/05/2017. Modificado: 09/10/2017. Aceptado: 23/10/2017.

Pablo Valladares Faúndez. Licenciado en Ciencias Biológicas, Universidad Austral de Chile. Doctor en Ciencias Biomédicas, Universidad de Chile. Profesor, Universidad de Tarapacá (UTA), Chile. Dirección: Laboratorio de Zoología Integrativa, Departamento de

Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Tarapacá, General Velásquez 1775, Arica, Chile. e-mail: pvalladares@uta.cl

Tania Lasteros Oblitas. Ingeniera Químico-Ambiental, Universidad de Tarapacá, Chile. e-mail: tania.lasteros@gmail.com

Lorena Cornejo Ponce. Químico Laboratorista, Universidad de Chile. Magíster y Doctora en Ciencias en Química Analítica, Universidade Estadual de Campinas, Brasil. Profesora, Universidad de Tarapacá, Chile. e-mail: lorenacp@uta.cl

Renzo Pepe-Victoriano. Biólogo Marino, Universidad Arturo Prat (UNAP), Chile. Magíster en Acuicultura, Universidad Católica del Norte, Chile. Investigador, UNAP, Chile. e-mail: rpepev@unap.cl

POLLUTION ASSESSMENT IN THE HABITAT OF A POPULATION OF THE AQUATIC FROG *Telmatobius pefauri* (ANURA, TELMATOBIIDAE), A CRITICALLY ENDANGERED SPECIES FROM NORTHERN CHILE

Pablo Valladares Faúndez, Tania Lasteros Oblitas, Lorena Cornejo Ponce and Renzo Pepe-Victoriano

SUMMARY

The conservation status of amphibians has been a source of deep concern due to the global decline of their species. In Chile the situation is equally alarming, because several species have conservation problems. *Telmatobius pefauri* is an endemic frog species considered as critically endangered by IUCN. It was described initially for the locality of Murmuntani but currently appears to be extinct in its terra typica. In this study we assessed the anthropic pressure due to agriculture, fish farming and nearby mining waste in a newly registered population of this species. The population is located in the Seco river, which runs through the locality of Copaquilla, Arica and

Parinacota region, Chile. The aim of this work was to analyze the physicochemical conditions of the water inhabited by this population were analyzed in order to assess a possible contamination of water that would explain the observed population decline. Results indicate that all variables analyzed are within the Chilean standard, except for manganese ($0.88\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ in Rio Seco, while the maximum permitted is $0.2\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$). We conclude that the analyzed waters are suitable for aquatic life and do not indicate contamination by mining waste. It is necessary to evaluate other variables in order to establish with greater precision the threat level for *T. pefauri*.

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO NO HABITAT DE UMA POPULAÇÃO DE RÃ AQUÁTICA *Telmatobius pefauri* (ANURA, TELMATOBIIDAE), ESPÉCIE CRITICAMENTE EM PERIGO DO NORTE DE CHILE

Pablo Valladares Faúndez, Tania Lasteros Oblitas, Lorena Cornejo Ponce e Renzo Pepe-Victoriano

RESUMO

O estado de conservação dos anfíbios tem sido motivo de preocupação por causa do declínio global de suas espécies. No Chile a situação é igualmente alarmante devido a que várias espécies apresentam problemas de conservação. *Telmatobius pefauri* é uma espécie de rã endêmica considerada criticamente em perigo pela IUCN. Foi descrita para a localidade de Murmuntani, mas atualmente parece estar extinta em sua terra típica. Neste trabalho investigamos a pressão antrópica produto da agricultura, piscicultura e resíduos mineiros das proximidades sobre uma de suas populações. Esta população, recentemente registrada, se encontra no rio Seco, na localida-

de de Copaquilla, Região de Arica e Parinacota, Chile. Analisou-se as condições físico-químicas da água onde habita esta população, para avaliar uma possível contaminação que explique a diminuição detectada em sua população. Os resultados indicam que todas as variáveis analisadas se encontram dentro da norma chilena, exceto manganês ($0,88\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ em rio Seco, quando o máximo permitido é $0,2\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Concluímos que as águas analisadas são aptas para a vida aquática e não existe evidência que indique contaminação por detritos mineiros. É necessário avaliar outras variáveis para estabelecer com maior precisão o grau de ameaça de *T. pefauri*.

originalmente en la localidad de Murmuntani ($18^{\circ}21'S$, $69^{\circ}327'O$, 3200msnm) con un ejemplar colectado el 23/11/1972. Según Veloso y Trueb (1976) esta especie es absolutamente acuática, habita lechos angostos, con escasa vegetación acuática y pozas poco profundas. Díaz-Páez y Ortiz (2003) la señalan como una especie con baja abundancia local y que está bajo al menos una unidad de protección (Sistema Nacional Áreas Silvestres Protegidas del Estado). Ha sido frecuentemente determinada como 'rara' (Glade, 1988; Formas, 1995; Núñez *et al.*, 1997; SAG, 1998; Díaz-Páez y Ortiz, 2003). Sin embargo, la IUCN (2015) la ha clasificado como 'en peligro crítico'. Actualmente esta especie es considerada sinónimo de

T. zapahuirensis y además de ser conocida para Muruntani y Zapahuira, es conocida para Copaquilla, Belén, Lupica, Saxamar y Socoroma, localidades todas ubicadas entre los 2930 msnm y 3600msnm en la Provincia de Parinacota (Fibla *et al.*, 2017).

La localidad de Copaquilla es atravesada por el río Seco (Figura 1), que corresponde al hábitat de una población de *T. pefauri* y presenta una serie de intervenciones antrópicas, principalmente debido a la agricultura y piscicultura que se desarrolla en la zona, además de copiosos mineros cercanos. En 1980 la empresa Procesadora de Metales Limitada (PROMEL) fue autorizada a explotar un yacimiento aurífero denominado Mina Vilacollo, en el cerro Choque-

limpie, comuna de Putre. El material era extraído de dicha zona y trasladado a la Planta Pukará, la que se ubicaba en Altos de Copaquilla, donde se trataban minerales auro-argentíferos por cianuración. Esta planta funcionó hasta el año 1989, siendo desmantelada y dejándose en el sector cerca de 2×10^6 ton de desecho minero, envases de productos tóxicos y residuos minerales. Desde el lugar donde se ha encontrado la población de *T. pefauri*, hasta donde se emplazan los restos mineros hay 1,4km de distancia, con vientos permanentemente dirigidos a dicha zona y en pendiente pronunciada de 45° . Esta situación ha generado profundas controversias por posibles daños ambientales en perjuicio de los agricultores de Copaquilla.

Producto de esta situación ambiental, planteamos como objetivo evaluar las características físico-químicas del río Seco, y determinar la presencia y concentraciones de metales pesados que puedan afectar la sobrevivencia de la población de este anfibio, ya que se ha podido establecer que dicha población ha disminuido desde el 2013 al presente (Tabla 1).

Material y Métodos

El estudio se realizó en el río Seco, que atraviesa la localidad de Copaquilla ($18^{\circ}25'13$, $25^{\circ}S$; $69^{\circ}34'05,17^{\circ}O$; 2980msnm). Se establecieron tres estaciones de monitoreo (S1, S2 y S3), donde en la primera de ellas se encontró una población de *T. pefauri* en el 2013. Las estaciones 2 y 3 fueron evaluadas desde

el 2014 al 2016. El río Seco es un curso de agua irregular, que se une a una vertiente que nace de aguas subterráneas, y presenta un caudal inestable.

Esta última vertiente corresponde a los sitios S2 y S3 de monitoreo. A partir de los monitoreos del 2014 y hasta el 2015 se evaluó el río Zapahuira

con un transepto de 1000m de longitud, para hallar poblaciones de *T. pefauri*, pero no se tomaron muestras de agua de este caudal, por no encontrarse ejemplares de esta especie, y porque el río se secó en el año 2015, impidiendo la subsistencia de anfibios de este género. En cada transepto se tomaron muestras de agua en las fechas indicadas para los conteos de las poblaciones de anfibios.

Este estudio se llevó a cabo a partir de febrero del 2013 hasta junio del 2016. En cada estación de muestreo se estableció un transepto de longitud fija, donde los anfibios adultos y larvas fueron colectados durante el día manualmente o con mallas entomológicas. A cada ejemplar se le tomaron medidas estándar (Ceí, 1962, 1980; Veloso *et al.*, 1982; Formas *et al.*, 1999), para luego ser liberados en su ambiente natural. En la colecta y manipulación de los ejemplares se siguió el protocolo propuesto por Lobos *et al.* (2011). Las medidas de los ejemplares colectados (Tabla II) fueron comparados con las previamente publicadas por Veloso y Trueb (1976) para Murmuntani y Veloso *et al.* (1982) para el Río Zapahuira.

En cada transepto se midieron parámetros fisicoquímicos de agua para diferentes usos, incluyendo consumo humano, bebida de animales, riego, recreación (con y sin contacto directo), estética y vida acuática. También se describe el hábitat de la especie, considerando la vegetación asociada a los cursos de agua, otras especies con que coexiste y posibles depredadores.

muestras de agua de acuerdo al protocolo indicado por Severiche *et al.* (2013). La temperatura del agua fue tomada al mediodía (12:00) en todas las estaciones. Las demás mediciones fueron llevadas a cabo en el Laboratorio de Investigaciones Medioambientales de Zonas Áridas (LIMZA) de la Universidad de Tarapacá. Fueron determinados: pH (método potenciométrico; ME-29 en SISS, 2007), conductividad (método conductimétrico; 2520-B en Sandard Methods, 2005), sólidos disueltos totales (método gravimétrico; ME-31 en SISS, 2007), turbiedad (método nefelométrico; ME-03 en SISS, 2007) y los siguientes metales pesados: arsénico (método espectrofotométrico por absorción atómica con generación de hidruro (Morand *et al.*, 2002; ME-12 en SISS, 2007); plomo, cadmio, cobre, manganeso y zinc (método espectrofotométrico por absorción atómica con aspiración directa; Skoog y West, 1986 y, respectivamente, los siguientes métodos del Manual SISS (2007): ME-18, 13, 04, 08, y 11). Las medidas obtenidas fueron comparadas con la Norma Chilena Oficial de 1979, modificada en 1987 (NCh 1333, 1987), donde se establecen los requisitos de calidad de agua para diferentes usos, incluyendo consumo humano, bebida de animales, riego, recreación (con y sin contacto directo), estética y vida acuática. También se describe el hábitat de la especie, considerando la vegetación asociada a los cursos de agua, otras especies con que coexiste y posibles depredadores.

Resultados

Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de las muestras de agua tomadas del río Seco (Tabla III) indican que las concentraciones de todos los elementos químicos analizados se encuentran dentro de los límites máximos permitidos, excepto el manganeso, elemento que se encontró en una concentración promedio de 1,2mg·l⁻¹, muy superior a la norma chilena 1333 (NCh 1333, 1987), que

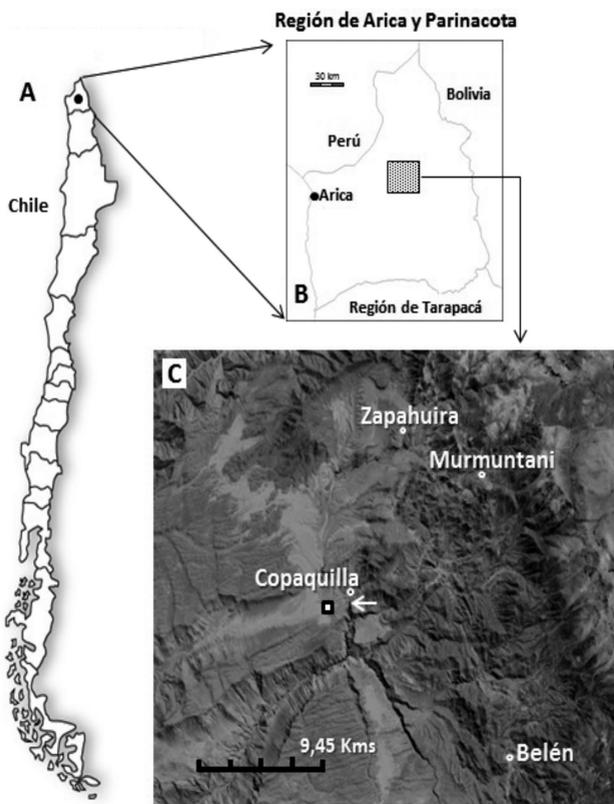


Figura 1. Mapa de distribución de *Telmatobius pefauri* en la localidad de Copaquilla. A: Chile y Región de Arica y Parinacota. B: Cuadrante que indica el rango de distribución de *T. pefauri*. C: Flecha indica ubicación de estaciones de monitoreo, cuadrado indica ubicación de acopio de minerales abandonados.

TABLA I
ESTACIONES DE MONITOREO DE *Telmatobius pefauri*
EN LA LOCALIDAD DE COPAQUILLA, CHILE,
ENTRE 2013 Y 2016, PARA LARVAS Y ADULTOS

Fechas	Estación	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Nº adultos	Nº larvas	Transepto (m)
05-02-2013	1	18°23'40,51"	69°38'10,33"	2917	22	78	200
17-05-2013	1	18°23'40,51"	69°38'10,33"	2917	31	113	200
12-12-2014	1	18°23'40,51"	69°38'10,33"	2917	5	17	200
07-08-2015	1	18°23'40,51"	69°38'10,33"	2917	2	12	200
25-03-2016	1	18°23'40,51"	69°38'10,33"	2917	0	0	200
11-04-2016	1	18°23'40,51"	69°38'10,33"	2917	0	0	200
18-05-2016	1	18°23'40,51"	69°38'10,33"	2917	0	0	200
18-05-2016	1	18°23'40,51"	69°38'10,33"	2917	0	0	200
02-06-2016	1	18°23'40,51"	69°38'10,33"	2917	0	0	200
09-10-2014	2	18°23'44,22"	69°38'08,86"	2894	3	7	120
17-05-2015	2	18°23'44,22"	69°38'08,86"	2894	0	0	120
25-03-2016	2	18°23'44,22"	69°38'08,86"	2894	0	0	120
11-04-2016	2	18°23'44,22"	69°38'08,86"	2894	2	0	120
18-05-2016	2	18°23'44,22"	69°38'08,86"	2894	0	16	120
09-10-2014	3	18°23'44,22"	69°38'09,05"	2889	6	13	80
17-05-2015	3	18°23'44,22"	69°38'09,05"	2889	0	4	80
25-03-2016	3	18°23'44,22"	69°38'09,05"	2889	0	0	80
18-05-2016	3	18°23'44,22"	69°38'09,05"	2889	0	9	80
02-06-2016	3	18°23'44,22"	69°38'09,05"	2889	0	24	80

TABLA II
MEDIDAS CORPORALES DE *Telmatobius pefauri* DE LA LOCALIDAD DE COPAQUILLA, COMPARADOS CON ESPECÍMENES TIPO DE LA LOCALIDAD DE ZAPAHUIRA Y MURMUNTANI

		Copaquilla (este trabajo)				Zapahuira (Veloso <i>et al.</i> , 1982)				Mumuntani (Veloso y Trueb 1976)
		(n=8)				(n= 32)				(n= 1)
		MIN	PROM	MAX	DS	MIN	PROM	MAX	DS	
Distancia Hocico - Cloaca	M	45,4	46,25	47,1	0,98	42,9	46,45	51,2	4,72	-
	H	31,7	34,95	38,2	4,59	39,4	43,83	50,3	7,12	75
Largo cabeza	M	11,5	13,8	16,1	2,66	12,9	15,22	17,8	7,74	-
	H	11,4	11,75	12,1	0,49	13,1	14,52	15,7	5,99	28
Ancho cabeza	M	11,1	13,9	16,7	3,23	14,2	15,38	17	5,42	-
	H	10,4	10,5	10,6	0,14	12,3	14,47	15,5	5,95	34
Distancia interorbital	M	4,5	3,8	5,1	0,35	4,1	4,65	5,3	8,28	-
	H	3	3,8	4,6	1,13	3,4	4,12	4,7	10,63	-
Distancia internarina	M	2,5	2,55	2,6	0,06	-	-	-	-	-
	H	1,7	1,95	2,2	0,35	-	-	-	-	5
Diámetro ojo	M	4,5	4,7	4,9	0,23	-	-	-	-	-
	H	3,6	3,8	4	0,28	-	-	-	-	8
Distancia ojo - narinas	M	3,1	3,2	3,3	0,06	-	-	-	-	-
	H	2,3	2,7	3	0,5	-	-	-	-	5
Largo tibia	M	20,1	20,4	20,6	0,31	19	21,33	23	5,37	-
	H	16	16,1	16,2	0,14	17,2	19,52	22,2	7,18	38
Largo pie	M	31,1	31,2	31,3	0,11	-	-	-	-	-
	H	27,1	28,2	29,1	1,49	-	-	-	-	61
Largo extremidad posterior	M	66,8	67,05	67,3	0,29	67,4	73,83	79,8	4,87	-
	H	52,6	55,85	59,1	4,6	54,5	66,62	75,9	8,79	-

MIN: valor mínimo, PROM: promedio, MAX: valor máximo, DS: desviación estándar, M: macho, H: hembra.

TABLA III
VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS REGISTRADAS EN TRES ESTACIONES CON PRESENCIA DE EJEMPLARES DE *Telmatobius pefauri* DE LA LOCALIDAD DE COPAQUILLA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA, CHILE

Parámetro	Unidad	Estación 1	Estación 2	Estación 3	PR	DS	NCh 1333
Turbiedad	UNT	1,31	1,94	1,94	1,73	0,36	< 30
pH	-	6,66	6,59	7	6,75	0,179	5,5-9,0
Conductividad	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	434	457	394	461,6	26	≤ 750
SDT	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	350	406	269	341,6	56,239	≤ 500
Arsénico	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	0,011	0,009	0,057	0,0256	0,022	0,1
Plomo	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0	5,00
Cadmio	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0	0,01
Cobre	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0	0,2
Manganeso	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	1,312	<0,04	2,182	1,178*	0,88	0,2
Zinc	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0	5
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	18,8	18	19,3	18,7	-	-

Los valores indicados por estación corresponden a promedios. PR: promedio en todos los transeptos. DS: Desviación estándar. NCh: Norma Chilena 1333. *valor por encima de la norma.

indica un límite de $0,2\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. El valor máximo, de $2,2\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, fue encontrado en S3, lugar donde se encontró la mayor proporción de larvas observadas hasta junio del 2016.

El arsénico mostró concentraciones muy por debajo del límite establecido por la norma chilena 1333 ($0,1\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), y nuevamente la estación S3 tuvo el mayor valor ($0,06\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Plomo y cadmio, dos metales pesados de alta

incidencia en salud humana, presentaron valores muy bajos en relación a la norma nacional, al igual que cobre y zinc. Los sólidos disueltos totales (SDT) también estuvieron bajo la norma nacional, con $341,6\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, cuando lo establecido es $<500\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. La turbiedad tuvo un promedio de 1,7 UNT, donde la norma establece <30 UNT.

En cuanto a las variables físicas, la temperatura fue en prome-

dio de $18,7^{\circ}\text{C}$, tomada siempre al mediodía, cuando las larvas se observan más activas. El pH estuvo entre 6,6 y 7, y la conductividad fue de $461,6\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en promedio ($<700\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en la norma chilena).

Desde el 2013 se ha evaluado el número de ejemplares adultos y larvas en el río Seco, observándose una disminución progresiva de la población. Las evaluaciones se han registrado

en tres transeptos diferentes. El primer hallazgo de esta población fue realizada el 05/02/2013 en el transepto denominado S1, donde había una numerosa población de adultos y larvas. Posterior a ello se hizo un seguimiento a estas poblaciones, registrándose su desaparición en marzo del 2016 porque el curso de agua estaba completamente seco. Siguiendo el curso 'río abajo' se encontraron ejemplares en dos tramos, denominados S2 y S3, pero en muy bajo número de adultos y larvas (Tabla I). En la exploración realizada el 22/06/2016 se encontraron muertos dos ejemplares adultos de *T. pefauri* y uno de *Rhinella spinolosus* en el tramo S3, sin presentar evidencias de haber sido depredadas.

La vegetación asociada a los cursos de agua corresponde principalmente a 'cola de zorro' (*Cortaderia atacamensis*) especie que se encuentra donde hay pequeños charcos derivados de la corriente principal, lugar que genera una mayor

protección a ejemplares adultos. Al contrario, las larvas se encuentran mayormente al centro del curso de agua donde hay bajo caudal y se forman posas entre 30 y 150cm de profundidad, con alta concentración de algas del género *Nostoc*. Esporádicamente se observan garzas (*Egretta thula*) como los únicos depredadores posibles para la especie.

Discusión

Desde el año 2013 hasta el presente se ha examinado el río Zapahuira en reiteradas oportunidades sin encontrarse especie alguna de anfibios. De acuerdo a observaciones de este equipo de trabajo, el río estuvo completamente seco desde abril a julio del 2015, impidiendo la sobrevivencia de cualquier especie del género *Telmatobius* en la zona, por lo que podemos plantear que existe una alta probabilidad de que dicha población encuentre extinta en esa localidad. Al parecer, los últimos ejemplares colectados en esta zona corresponden a los analizados genéticamente por Sáez *et al.* (2014). Junto con ellos se puede observar que ejemplares de la localidad de Belén (18°29'23,13"S; 69°31'37,77"O) son genéticamente muy similares a los de Zapahuira, pudiéndose considerar la misma especie, poblaciones que están separadas por ~20km. A su vez, Belén y Copaquilla están separados por ~16km en línea recta y, debido a su cercanía, ambas poblaciones corresponden también a la misma especie (Fibla *et al.*, 2017). En ese sentido, el polígono conformado entre Zapahuira, Copaquilla y Belén debe ser considerado el rango de distribución de esta especie, con un área de ~150km².

En relación a su preservación, esta especie no se encuentra en ningún área silvestre protegida de la región, por lo que su protección es nula. Más aún, tanto Copaquilla como Belén son áreas de explotación agrícola, por lo que están bajo fuerte presión antrópica tanto por el uso del agua, como por la aplicación de

plaguicidas, compuestos altamente tóxicos que pueden afectar directa o indirectamente a las poblaciones de anfibios, ya sea adultos o larvas (Van Meter *et al.*, 2015).

La población encontrada en Copaquilla se encuentra además amenazada por acopios de origen minero, como los que se encuentran en Altos de Copaquilla, que fueron abandonados por la empresa explotadora. Sin embargo, en este estudio se pudo constatar que en la actualidad estos residuos no estarían contaminando el río Seco. A pesar de eso, la minería es una amenaza permanente para las poblaciones de anfibios, producto de ser causante de la disminución de los cursos de agua y pérdidas de hábitat, así como de contaminación con residuos tóxicos (Lobos *et al.*, 2016).

En general, los resultados de los análisis de agua efectuados se encuentran dentro de los valores permitidos por la Norma Chilena 1333, y demuestran que las aguas son libres de contaminantes químicos. Ello indicaría que el agua del río Seco es apta para la vida acuática. Entre las estudiadas, la única variable evaluada que escapa a esta norma es el manganeso, cuya magnitud la sobrepasó en al menos 10 veces. Altas concentraciones de Mn pueden tener incidencia en diversas patologías o cambios fisiológicos que pueden alterar la adecuación biológica de los anfibios. En el caso de las patologías, hay evidencias clínicas y experimentales en que la actividad colinérgica juega un rol clave en la fisiopatología de la neurotoxicidad inducida por este elemento químico (Finkelstein *et al.*, 2007). El Mn actúa como un factor de estrés químico en las neuronas colinérgicas de una manera que causa una degradación específica de los mecanismos homeostáticos celulares, influyendo por ejemplo en el desencadenamiento del Parkinson (Finkelstein *et al.*, 2007). Por otro lado, se han identificado una serie de patologías neurodegenerativas asociadas a este metal, denominadas 'manganismos', con efectos en estados

tempranos del desarrollo (Okada *et al.*, 2016). Michalke y Fernsebner (2014) presentan una revisión extensa sobre las distintas patologías asociadas a Mn en humanos, pero no hay antecedentes de cómo pudiese afectar el desarrollo larval en anfibios.

Aún quedan variables por evaluar para tener una mayor certeza del estado de conservación de esta especie de anfibio. Debido a la evidente disminución de esta población, la que es una de las tres o cuatro que aún quedan de esta especie, es importante seguir investigando cuál es el origen de su disminución poblacional; por ejemplo, incluir en el análisis físico-químico del agua la presencia de plaguicidas que eventualmente sean usados para la agricultura de la zona, y también medir las radiaciones UVB que podrían afectar el desarrollo larval. Es importante que *T. pefauri* pase a ser parte del listado de especies amenazadas en la región, y que se desarrollen programas de conservación institucionales coordinados por la Estrategia Regional de Biodiversidad de la Región de Arica y Parinacota, Chile, para evitar su extinción.

AGRADECIMIENTOS

Loa autores agradecen a Juliana Marca, miembro de la comunidad aymara de Copaquilla, por permitirnos ingresar a sus predios para evaluar la población de anfibios y por su voluntad de colaborar en la conservación de esta especie, y al Servicio Agrícola y Ganadero por el permiso 5674/2013. Este trabajo fue financiado en parte por UTA Mayor de Investigación 4710/15 de la Universidad de Tarapacá.

REFERENCIAS

Adlansnig W, Sassman S, Grawunder A, Puschenreiter M, Horvath A, Koller-Peroutka M (2013) Amphibians in metal-contaminated habitats. *Salamandra* 49: 149-158.
 Bancroft BA, Baker NJ, Blaustein AR (2008) A meta-analysis of the effects of ultraviolet B

radiation and its synergistic interactions with pH, contaminants, and disease on Amphibian survival. *Conserv. Biol.* 22: 987-996.

Barrionuevo S, Mangione S (2006) Chytridiomycosis in two species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from Argentina. *Dis. Aquat. Organ.* 73: 171-174.
 Barrionuevo S, Ponssa ML (2008) Decline of three species of the genus *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from Tucuman province, Argentina. *Herpetologica* 64: 47-62.
 Blaustein RB, Hoffman PD, Hokit DG, Kiesecker JM, Walls SC, Hays JB (1994) UV repair and resistance to solar UV-B in amphibian eggs: A link to population decline? *Proc. Nat. Acad. Sci.* 91: 1791-1795.
 Cei JM (1962) *Batracios de Chile*. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 128 pp.
 Cei JM (1980) *Amphibians of Argentina*. Monitore zoologico italiano N.S. Monografía 2. Italia.
 Correa C, Cisternas J, Correa M (2011) Lista comentada de las especies de anfibios de Chile (Amphibia: Anura). *Bol. Biodivers. Chil.* 6: 1-21.
 Díaz-Páez H, Ortiz JC (2003) Evaluación del estado de conservación de los anfibios en Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 76: 509-525.
 Fibla P, Sáez PA, Salinas H, Araya C, Salaberry M, Méndez M (2017) The taxonomic status of two *Telmatobius* frog species (Anura: Telmatobiidae) from the western Andean slopes of northernmost Chile. *Zootaxa* 4250: 301-314.
 Finkelstein Y, Milatovic D, Aschner M (2007) Modulation of cholinergic systems by manganese. *Neurotoxicology* 28: 1003-1014.
 Formas R (1995) Anfibios. En Simonetti JA, Arroyo MTK, Spoto AE, Lozada E (Eds.) *Diversidad Biológica de Chile*. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica. Artegrama. Santiago, Chile. pp 314-325.
 Formas R, Northland I, Capetillo J, Núñez JJ, Cuevas CC, Brieva LM (1999) *Telmatobius dankoi*, una nueva especie de rana acuática del norte de Chile (Leptodactylidae). *Rev. Chil. Hist. Nat.* 72: 427-445.
 Freda J (1991) The effects of aluminum and other metals on amphibians. *Environ. Pollut.* 71: 305-328.
 Glade AA (ed.) (1988) *Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile*. Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile. 65 pp.

- Horne MT, Dunson WA (1995) Effects of low pH, metals, and water hardness on larval amphibians. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 29: 500-505.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group (2015) *Telmatobius pefauri*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T21583A79809777. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T21583A79809777.en> (Cons. 23/05/2017).
- Langhammer PF, Lips KR, Burrowes PA, Tunstall T, Palmer CM, Collins JP (2013) A fungal pathogen of amphibians, *Batrachochytrium dendrobatidis*, attenuates in pathogenicity with *in vitro* passages. *PLoS ONE* 8(10): e77630.
- Lefcort H, Meguire RA, Wilson LH, Ettinger WF (1998) Heavy metals alter the survival, growth, metamorphosis, and antipredatory behavior of Columbia spotted frog (*Rana luteiventris*) tadpoles. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 35: 447-456.
- Linder G, Grillitsch B (2001) Ecotoxicology of metals. En Sparling DW, Linder G, Bishop CA (Eds.) *Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles*. SETAC. Pensacola, FL, USA. pp. 325-408.
- Lobos G, Vidal M, Labra A, Correa C, Rabanal F, Díaz-Páez H, Alzamora A, Soto C (2011) Protocolo para el control de enfermedades infecciosas en anfibios durante estudios de campo. Red Chilena de Herpetología. http://media.wix.com/ugd/a92899_c4bf8034a3ec9e8f73b3af30b015995d.pdf (Cons. 23/05/2017).
- Lobos G, Rebolledo N, Charrier A, Rojas O (2016) Natural history notes of *Telmatobius dankoi* (Anura, Telmatobiidae), a critically endangered species from northern Chile. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.* 51: 152-157.
- Marco A, Quilchano C (2000) Impacto sobre los anfibios de la contaminación por fertilizantes químicos. *Quercus* 172: 14-19.
- Michalke B, Fernsebner K (2014) New insights into manganese toxicity and speciation. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 28: 106-116.
- Morand EE, Giménez MC, Benítez ME, Garro OA (2002) *Determinación de Arsénico en Agua por Espectrometría de Absorción Atómica con Generación de Hidruro (HG-AAS)*. Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.
- NCh 1333 (1987) *Norma Chilena Oficial. Requisitos de Calidad del Agua para Diferentes Usos*. Instituto Nacional de Normalización. Santiago, Chile. http://ciperchile.cl/pdfs/11-2013/norovirus/NCh1333-1978_Mod-1987.pdf
- Núñez H, Maldonado V, Pérez R (1997) Reunión de trabajo con especialistas de herpetología para categorización de especies según estados de conservación. *Bol. Mus. Hist. Nat. Chile* 329: 12-19.
- Okada MA, Neto FF, Nosso CH, Voigt CL, Campos SX, Alberto de Oliveira Ribeiro C (2016) Brain effects of manganese exposure in mice pups during prenatal and breastfeeding periods. *Neurochem. Int.* 97: 109-116.
- Sáez P, Fibla P, Correa C, Sallaberry M, Salinas H, Veloso A, Mella J, Iturra P, Méndez M (2014) A new endemic lineage of the Andean genus *Telmatobius* (Anura, Telmatobiidae) from the western slopes of the central Andes. *Zool. J. Linn. Soc.* 171: 769-782.
- SAG (2015) *La Ley de Caza y su Reglamento. Legislación sobre Fauna Silvestre*. Servicio Agrícola y Ganadero. Ministerio de Agricultura. Chile.
- Severiche C, Castillo M, Acevedo R (2013) *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas*. Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso. Málaga, España. 101 pp.
- SISS (2007) *Manual de Métodos de Ensayo para Agua Potable. Métodos de Análisis*, 2ª ed. Superintendencia de Servicios Sanitarios. Gobierno de Chile. 268 pp.
- Skoog DA, West DM (1986) *Introducción a la Química Analítica*. Reverté. Barcelona, España. 591 pp.
- Standard Methods (2005) Electrical conductivity method. En *Standard Methods for Examination of Water & Wastewater*. 21ª ed. APHA-AWWA-WEF. 541 pp.
- Stuart SN, Chanson JN, Cox NA, Young BE, Rodrigues SA, Fischman DL, Waller RW (2004) Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Scienceexpress Report* October, 1-5.
- Stuart SN, Hoffman M, Chanson J, Cox N, Berridge R, Ramani P, Young B (Eds.) (2008) *Threatened Amphibians of the World*. Lynx. Barcelona, España; Gand, Suiza; Conservation International, Arlington, Virginia, USA.
- Van Meter RJ, Glinski DN, Henderson WN, Garrison AW, Cyterski M, Purucker ST (2015) Pesticide uptake across the amphibian dermis through soil and overspray exposures. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 69: 545-556.
- Veloso A (2006) Batracios de las cuencas hidrográficas de Chile: origen, diversidad y estado de conservación. En Vila I, Veloso A, Schlatter R, Ramírez C (Eds.) *Macrófitas y Vertebrados de Los Sistemas Limnícicos de Chile*. Universitaria. Santiago, Chile. pp. 103-140.
- Veloso A, Trueb L (1976) Descriptions of a new species of Telmatobiine frog, *Telmatobius* (Amphibia, Leptodactylidae) from the Andes of northern Chile. *Occas. Papers Mus. Nat. Hist. Lawrence, Kansas* 62: 1-10.
- Veloso A, Sallaberry M, Navarro J, Iturra P, Valencia J, Penna M, Díaz N (1982) Contribución sistemática al conocimiento de la Herpetofauna del extremo norte de Chile. En Veloso A, Bustos E (Eds.) *El Hombre y los Ecosistemas de Montaña*. Vol. 1. MAB 6. Santiago, Chile. pp. 135-268.
- Voyles J (2011) Phenotypic profiling of *Batrachochytrium dendrobatidis*, a lethal fungal pathogen of amphibians. *Fungal Ecol.* 4: 196-200.
- Welsh HH, Ollivier LM (1998) Stream amphibians as indicators of ecosystem stress: a case study from California's redwoods. *Ecol. Applic.* 8: 1118-1132.